



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **10112433 A**(43) Date of publication of application: **28.04.98**

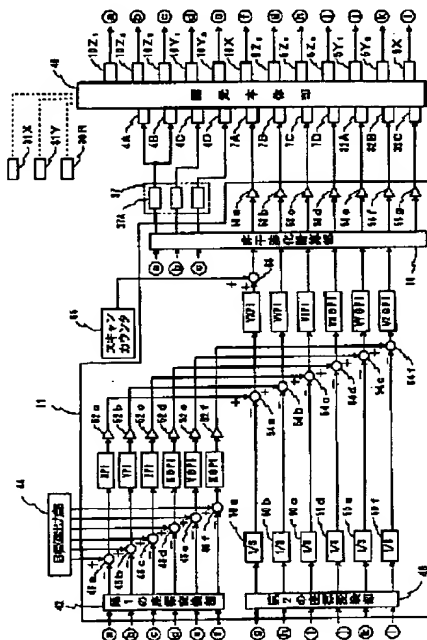
(51) Int. Cl.

H01L 21/027**F16F 15/02****G03F 9/00**(21) Application number: **08283187**(71) Applicant: **NIKON CORP**(22) Date of filing: **04.10.96**(72) Inventor: **OSAKI TATSUYA****(54) SEISMIC BASE ISOLATION DEVICE AND EXPOSURE DEVICE****(57) Abstract:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To carry out efficient control of an actuator and prevent unnecessary heating of the actuator.

SOLUTION: The control mode of an exposure body portion 40 is set in accordance with the operation mode of a moving body by a target value output section 44. In accordance with this set control mode, a controller 11 controls actuators 7A to 7D, 32A to 32C on the basis of outputs of displacement sensors 10Z₁ to 10Z₃, 10Y₁, 10Y₂, 10X and oscillation sensors 5Z₁ to 5Z₃, 5Y₁, 5Y₂, 5X, thereby carrying out oscillation control and position control of the exposure body portion 40. Therefore, efficient control of the actuators in accordance with the operation mode of the moving body may be realized, and excessive driving of the actuators may be avoided. Thus, unnecessary heating of the actuators can be prevented.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-112433

(43)公開日 平成10年(1998) 4月28日

(51)Int.Cl.⁹

識別記号

F I

H 0 1 L 21/027

H 0 1 L 21/30

5 0 3 F

F 1 6 F 15/02

F 1 6 F 15/02

A

G 0 3 F 9/00

G 0 3 F 9/00

H

審査請求 未請求 請求項の数7 F D (全 17 頁)

(21)出願番号

特願平8-283187

(22)出願日

平成8年(1996)10月4日

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 大崎 達哉

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

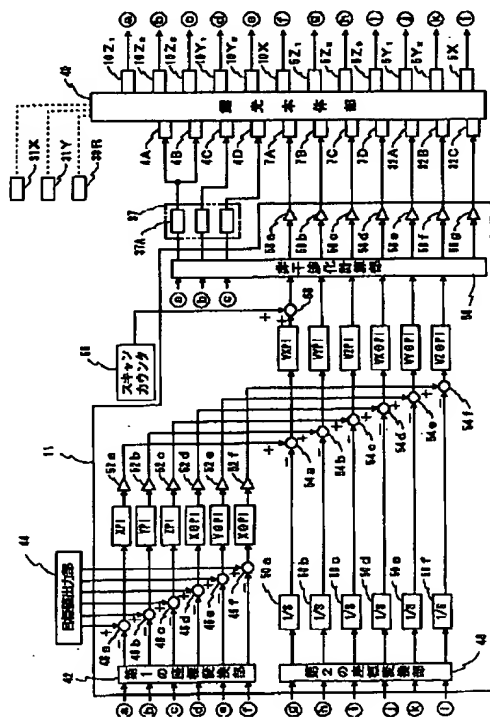
(74)代理人 弁理士 立石 篤司 (外1名)

(54)【発明の名称】 除振装置及び露光装置

(57)【要約】

【課題】 効率の良いアクチュエータの制御動作を行なうとともに、アクチュエータの不要な発熱を防止する。

【解決手段】 目標値出力部44により移動体の動作モードに応じて露光本体部40の制御モードが設定される。そして、制御装置11ではこの設定された制御モードに応じ、変位センサ10Z₁~10Z₃、10Y₁、10Y₂、10X及び振動センサ5Z₁~5Z₃、5Y₁、5Y₂、5Xの出力に基づいて、アクチュエータ7A~7D、32A~32Cを制御することにより、露光本体部40の振動制御及び位置制御を行なう。このため、移動体の動作モードに応じた効率の良いアクチュエータの制御動作が可能となるとともに、必要以上のアクチュエータの駆動を回避することができ、これによりアクチュエータの不要な発熱を防止することも可能である。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 少なくとも 3 個の除振パッドを介してほぼ水平に保持された除振台と；前記除振台上で移動する移動体と；前記除振台を駆動する複数のアクチュエータと；前記除振台の変位を検出する変位センサと；前記除振台の振動を検出する振動センサと；前記移動体の動作モードに応じて、前記除振台の制御モードを設定する設定手段と；前記制御モードに応じ、前記変位センサ及び振動センサの出力に基づいて、前記複数のアクチュエータを制御する第 1 制御系とを有する除振装置。

【請求項 2】 前記移動体の動作モードとして、前記目標設定値及び設定範囲の内の前記目標設定範囲のみが変更可能な第 1 モードと、前記目標設定値及び設定範囲の両者が変更可能な第 2 モードとを含むことを特徴とする請求項 1 に記載の除振装置。

【請求項 3】 前記複数のアクチュエータは、前記除振台を異なる個所で鉛直方向に駆動する少なくとも 3 つのアクチュエータを含み、
前記除振パッドに供給する空気の流量を制御する空圧制御回路を有し、前記変位センサの出力に基づいて前記空圧制御回路を駆動することにより前記移動体の移動により生じる前記除振台の傾き量の少なくとも一部を補正する第 2 制御系を更に有することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の除振装置。

【請求項 4】 前記設定手段は、前記移動体の動作モードが前記第 2 モードであるとき、前記除振台の傾き量を前記移動体の移動位置と前記除振パッドのばね定数とに基づいて演算することにより、前記移動体の移動指令値に応じた傾き量を予測し、その予測結果に前記除振台の傾き量が一致するように前記目標設定値を設定することを特徴とする請求項 2 又は 3 に記載の除振装置。

【請求項 5】 感光基板を保持する基板ステージをステップ移動させつつ、マスクに形成されたパターンの像を投影光学系を介して前記感光基板上に露光する露光装置であって、
少なくとも 3 個の除振パッドを介してほぼ水平に保持された除振台と；前記除振台上で移動する前記基板ステージを含む少なくとも 1 つの移動ステージと；前記除振台を駆動する複数のアクチュエータと；前記除振台の変位を検出する変位センサと；前記除振台の振動を検出する振動センサと；前記基板ステージの移動に関連する装置動作モードに応じて、前記除振台の制御モードを設定する設定手段と；前記制御モードに応じ、前記変位センサ及び振動センサの出力に基づいて、前記複数のアクチュエータを制御する制御装置とを有する露光装置。

【請求項 6】 前記感光基板上に形成されたマークを検出する検出手段を有し、
前記装置動作モードとして、前記ステージを移動して感光基板を所定の露光位置に位置決めして前記露光を行なう第 1 モードと、前記基板ステージを移動して前記検出

手段により前記マークを検出する第 2 モードとを含んでいることを特徴とする請求項 5 に記載の露光装置。

【請求項 7】 前記装置動作モードとして、前記感光基板受け取るために、前記基板ステージを所定の受け渡し位置へ移動する第 3 モードを更に有することを特徴とする請求項 5 又は 6 に記載の露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、除振装置及び露光装置に係り、更に詳しくは、除振台の振動を打ち消すようにアクチュエータにより除振台を駆動するいわゆるアクティブ方式の除振装置及びこの除振装置を備えた露光装置に関する。

【0002】

【従来の技術】ステップ・アンド・リピート方式の縮小投影型露光装置、即ちいわゆるステッパ等の精密機器の高精度化に伴い、設置床から定盤（除振台）に作用する微振動をマイクロ G レベルで絶縁する必要が生じている。除振装置の除振台を支持する除振パッドとしてはダンピング液中に圧縮コイルパネを入れた機械式ダンパや空気式ダンパ等種々のものが使用され、除振パッド自体がある程度のセンタリング機能を備えている。特に、空気式ダンパを備えた空気パネ除振装置はパネ定数を小さく設定でき、約 10 Hz 以上の振動を絶縁することから、精密機器の支持に広く用いられている。また、最近では従来のパッシブ除振装置の限界を打破するために、アクティブ除振装置が提案されている。これは、除振台の振動をセンサで検出し、このセンサの出力に基づいてアクチュエータを駆動することにより振動制御を行う除振装置であり、低周波制御帯域に共振ピークの無い理想的な振動絶縁効果を持たせることができるものである。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】ステッパ等では、大きな加減速を行う XY ステージ（ウエハステージ）が除振パッドに保持された定盤上に搭載されており、XY ステージの移動と同時に露光装置本体の重心位置が移動する。アクティブ除振装置では、このステージ移動に伴い、本体重心位置が変化したとき、位置制御ループにより初期位置に位置決めをするが、ステージ移動量が大きくなると本体重心位置変化量も大きくなり、本体が傾斜する。本体重心位置変化量の増大に伴い、この傾斜量も大きくなり、これを補正するためにアクチュエータに必要とされる推力も大きくなる。これに加え、従来の露光装置に適用されたアクティブ除振装置では、定盤（除振台）の傾き量の補正及び制振を行なうための目標設定値については、各ステージ（ウエハ X ステージ、ウエハ Y ステージ及び走査型露光装置の場合は更にレチクルステージ）が基準位置にあるときの各変位センサの出力値を用いており、また、目標設定範囲については、露光光源の射出位置及びレチクルローダ、ウエハローダの受け渡

し位置における6自由度の許容値を基に一律に設定していた。

【0004】このような除振装置では、特に本体傾斜時にアクチュエータより発生する発熱量が大きく、露光装置の置かれている環境の温度変化が大きくなる。この環境の温度変化はXYステージの位置を計測するレーザ干渉計の測定精度に影響を与え、ひいてはステージの位置決め精度等の劣化を招くという不都合があった。

【0005】本発明は、かかる事情の下になされたもので、請求項1及び2に記載の発明の目的は、効率の良いアクチュエータの制御動作が可能で、アクチュエータの不要な発熱を防止することが可能な除振装置を提供することにある。

【0006】また、請求項3及び4に記載の発明の目的は、上記請求項1に記載の発明の目的に加え、より一層のアクチュエータの発熱を防止することができる除振装置を提供することにある。

【0007】また、請求項5ないし7に記載の発明の目的は、基板ステージの動作モードに応じた効率の良いアクチュエータの制御動作が可能で、アクチュエータの不要な発熱による環境の温度変化を抑制することが可能な露光装置を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明に係る除振装置は、少なくとも3個の除振パッド（4A～4D）を介してほぼ水平に保持された除振台（6）と；前記除振台（6）上で移動する移動体（20）と；前記除振台（6）を駆動する複数のアクチュエータ（7A～7D、32A～32C）と；前記除振台（6）の変位を検出する変位センサ（10X、10Y₁、10Y₂、10Z₁～10Z₃）と；前記除振台（6）の振動を検出する振動センサ（5X、5Y₁、5Y₂、5Z₁～5Z₃）と；前記移動体（20）の動作モードに応じて、前記除振台の制御モードを設定する設定手段（44）と；前記制御モードに応じ、前記変位センサ及び振動センサの出力に基づいて、前記複数のアクチュエータ（7A～7D、32A～32C）を制御する第1制御系（11）とを有する。

【0009】これによれば、設定手段により移動体の動作モードに応じて除振台の制御モードが設定される。そして、第1制御系ではこの設定された除振台の制御モードに応じ、変位センサ及び振動センサの出力に基づいて、複数のアクチュエータを制御することにより、除振台の振動制御及び位置制御を行なう。

【0010】ここで、移動体の動作モードとは、移動体の動作の目的に応じたモードを言い、例えば移動体を所定位置に位置決めする場合には、その位置決め誤差がどの程度になれば位置決め整定と判断して良いか、あるいは整定状態をどの位の時間維持すればよいかなどはその移動体の動作の目的によって異なり、この位置決め誤差

は、除振台の振動制御・位置制御（姿勢制御）の目標値、許容誤差範囲によって左右される。

【0011】また、除振台の制御モードとは、除振台の振動を制御するモードをいい、これは除振台上を移動する移動体の上記動作モードに対応して、除振台の振動を複数自由度で制御する場合の各自由度方向の目標値、許容誤差範囲も異なる値に定めた方が、効率的な除振台の振動制御（アクチュエータの制御）が可能になることを考慮して定められている。

10 【0012】このため、本発明によれば、従来のように除振台の振動制御・位置制御の目標設定値及び目標設定範囲が一律である場合に比べ、移動体の動作モードに応じた効率の良いアクチュエータの制御動作が可能となるとともに、例えば位置決め整定時間も動作モードに応じた適切なものにするのが可能となる。また、動作モードに応じ、振動の許容誤差が大きくて良い場合に、目標設定範囲が広がるような制御モードに設定されるので、必要以上のアクチュエータの駆動を回避することができ、これによりアクチュエータの不要な発熱を防止することも可能である。

20 【0013】この場合において、上記の移動体の動作モードとしては、前述したような条件の下に定められるモードであれば、如何なるモードを設定しても良く、例えば、請求項2に記載の発明の如く、前記移動体の動作モードとして、前記目標設定値及び目標設定範囲の内の前記目標設定範囲のみが変更可能な第1モードと、前記目標設定値及び設定範囲の両者が変更可能な第2モードとを含んでいても良い。この場合、第1モードでは目標設定値として、所定の固有値（例えば、複数自由度の全ての自由度方向の目標設定値がともに零）を定めればよい。

30 【0014】請求項3に記載の発明は、請求項1又は2に記載の除振装置において、前記複数のアクチュエータは、前記除振台（6）を異なる個所で鉛直方向に駆動する少なくとも3つのアクチュエータ（以下、適宜「鉛直方向駆動用アクチュエータ」という）（7A～7D）を含み、前記除振パッド（2A～2D）に供給する空気の流量を制御する空圧制御回路（37A～37C）を有し、前記変位センサ（10Z₁～10Z₃）の出力に基づいて前記空圧制御回路（37A～37C）を駆動することにより前記移動体（20）の移動により生じる前記除振台（6）の傾き量の少なくとも一部を補正する第2制御系（56、37）を更に有することを特徴とする。

40 【0015】これによれば、上記の制御モードの設定による移動体の動作モードに応じた効率の良い制御動作の確保に加え、移動体の移動により、除振台が傾斜した場合に、第2制御系によって変位センサの出力に基づいて空圧制御回路が駆動され、移動体の移動により生じる除振台の傾き量の全部又は一部が補正されることから、仮に移動体の動作モードが第1モードであって目標設定値

として上記の固有値が設定されている場合であっても、除振台を元の姿勢に戻すための鉛直方向駆動用アクチュエータの駆動量を大幅に減らすことが可能になり、その分アクチュエータの不要な発熱を防止することが可能になる。

【0016】また、請求項2又は3に記載の除振装置において、請求項4に記載の発明の如く、前記設定手段は、前記移動体の動作モードが前記第2モードであるとき、前記除振台の傾き量を前記移動体の移動位置と前記除振パッドのばね定数とに基づいて演算することにより、前記移動体の移動指令値に応じた傾き量を予測し、その予測結果に前記除振台の傾き量が一致するように前記目標設定値を設定するようにしても良い。この場合には、設定手段により、実際に移動体が移動を開始するのに先立って移動体の移動指令値に応じた傾き量が予測され、その予測結果に前記除振台の傾き量が一致するように前記目標設定値（除振台の傾斜に関連する）が設定されるので、移動体が移動指令値に対応する位置に移動したときには、第1制御系ではアクチュエータを除振台の姿勢制御（主として傾斜制御）のために駆動する必要がなく、振動制御のためにのみ駆動すれば足りる。従って、アクチュエータの駆動量が著しく低減され、一層発熱量が抑制される。

【0017】請求項5に記載の発明は、感光基板（W）を保持する基板ステージ（20）をステップ移動させつつ、マスク（R）に形成されたパターンの像を投影光学系（PL）を介して前記感光基板（W）上に露光する露光装置であって、少なくとも3個の除振パッドを介してほぼ水平に保持された除振台（6）と；前記除振台

（6）上で移動する前記基板ステージ（20）を含む少なくとも1つの移動ステージ（20、27）と；前記除振台（6）を駆動する複数のアクチュエータ（7A～7D、32A～32C）と；前記除振台（6）の変位を検出する変位センサ（10X、10Y₁、10Y₂、10Z₁～10Z₃）と；前記除振台（6）の振動を検出する振動センサ（5X、5Y₁、5Y₂、5Z₁～5Z₃）と；前記基板ステージ（20）の移動に関連する装置動作モードに応じて、前記除振台（6）の制御モードを設定する設定手段（44）と；前記制御モードに応じ、前記変位センサ及び振動センサの出力に基づいて、前記複数のアクチュエータ（7A～7D、32A～32C）を制御する制御装置（11）とを有する。

【0018】ここで、基板ステージの移動に関連する装置動作モードとは、基板ステージの移動状態（移動目的）が異なる露光装置の各種動作モードを言い、請求項1に記載の移動体の動作モードと同様の意味合いで定められている。

【0019】また、除振台の制御モードは、請求項1の場合と同様に、除振台上を移動する基板ステージの移動に関連する装置動作モードに対応して、除振台の振動を

複数自由度で制御する場合の各自由度方向の目標値、許容誤差範囲も異なる値に定めた方が、効率的な除振台の振動制御（アクチュエータの制御）が可能になることを考慮して定められている。

【0020】従って、本発明によれば、従来のように除振台の振動制御の目標設定値及び目標設定範囲が一律である場合に比べ、基板ステージの移動に関連する装置動作モードに応じた効率の良いアクチュエータの制御動作が可能となるとともに、例えば位置決め整定時間も動作モードに応じた適切なものにすることが可能となる。また、動作モードに応じ、振動の許容誤差が大きくて良い場合に、目標設定範囲が広がるような制御モードに設定されるので、必要以上のアクチュエータの駆動を回避することができ、これにより露光精度に影響を与えるアクチュエータの不要な発熱による環境の温度変化を抑制することが可能となる。

【0021】本発明の露光装置には、感光基板を保持する基板ステージをステップ移動させつつ露光を行なうものであれば、ステップ・アンド・リピート方式の縮小投影型の露光装置（いわゆるステップ）のような静止露光型の装置もステップ・アンド・スキャン型の露光装置のような走査露光型の露光装置もともに含まれる。

【0022】上記の動作モードとしては、種々のものが考えられるが、例えば、請求項6に記載の発明の如く、前記感光基板（W）上に形成されたマークを検出する検出手段（23）を有する場合には、前記装置動作モードとして、前記基板ステージ（20）を移動して感光基板（W）を所定の露光位置に位置決めして前記露光を行なう第1モードと、前記基板ステージ（20）を移動して前記検出手段（23）により前記マークを検出する第2モードとを含めても良い。この場合において、例えば、露光光源が除振台と離れた位置に設けられ、検出手段が除振台上に設けられている場合には、第1モードにおいて除振台の振動制御及び姿勢制御はともにシビアに行なう必要があり、かつ除振台の振動制御、位置制御の目標値も一定（全ての自由度方向の目標設定値が零）にする必要があるのに対し、第2モードにおいては除振台の姿勢制御はあまり高精度に行なう必要がなく、かつ目標設定値は基板ステージの移動位置に応じて変える必要がある。従って、これらの点を考慮して制御モードが定められ、効率的なアクチュエータの制御が行われる。

【0023】この他、前記装置動作モードとして、請求項7に記載の発明の如く、前記感光基板受け取るために、前記基板ステージ（20）を所定の受け渡し位置へ移動する第3モードを更に有していても良い。

【0024】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施形態について、図1ないし図8に基づいて説明する。

【0025】図1には、一実施形態に係るステップ・アンド・スキャン型の露光装置100の概略斜視図が示さ

れ、図2には、この露光装置100を構成する後述する定盤、第1コラム、第2コラム等を除く、構成各部の概略構成図が示されている。

【0026】図1において、設置面としての床上に長方形板状の台座2が設置され、この台座2上に除振パッド4A～4D（但し、図1では紙面奥側の除振パッド4Dは図示せず、図3参照）が設置され、これらの除振パッド4A～4D上に除振台としての長方形の定盤6が設置されている。ここで、後述するように本実施形態では投影光学系PLが使用されているため、投影光学系PLの光軸に平行にZ軸を取り、Z軸に直交する平面内で定盤6の長手方向にX軸を、これに直交する方向にY軸を取る。また、それぞれの軸回りの回転方向を $Z\theta$ 、 $X\theta$ 、 $Y\theta$ 方向と定める。なお、以下の説明において、必要に応じ、図1中のX、Y、Z軸を示す各矢印の示す方向を+X、+Y、+Z方向、これと反対の方向を-X、-Y、-Z方向と区別して用いるものとする。

【0027】除振パッド4A～4Dは、図3にも示されるように、それぞれ定盤6の長方形の底面の4個の頂点付近に配置されている。本実施形態では、除振パッド4A～4Dとして空気式ダンパが使用されている。これらの除振パッド4A～4Dは、図3に示されるように、3つの空圧制御回路37A、37B、37Cを介して制御装置11に接続され、制御装置11では空圧制御回路37A、37B、37Cを介して除振パッド4A～4Dに供給される空気の流量を制御するようになっている。すなわち、空気の圧力により除振パッド4A～4Dの高さを調整できるため、その空気式ダンパは上下動機構の役目をも兼ねている。

【0028】図1に戻り、台座2と定盤6との間に除振パッド4Aと並列にアクチュエータ7Aが設置されている。アクチュエータ7Aは、台座2上に固定された固定子9Aと定盤6の底面に固定された可動子8Aとから構成され、制御装置11（図1では図示省略、図3、図5参照）からの指示に応じて台座2から定盤6の底面に対するZ方向の付勢力、又は定盤6の底面から台座2に向かう吸引力を発生する。他の除振パッド4B～4Dにおいても、除振パッド4Aと同様にそれぞれ並列にアクチュエータ7B～7Dが設置され（但し、図1では紙面奥側のアクチュエータ7C、7Dは図示せず、図5参照）、これらのアクチュエータ7B～7Dの付勢力又は吸引力もそれぞれ制御装置11（図1では図示省略、図3、図5参照）により設定される。アクチュエータ7A～7Dの制御方法については、後述する。

【0029】アクチュエータ7Aは、前記の如く、固定子9Aと可動子8Aとから成り、固定子9Aは、例えば、N極の軸の両側にS極の軸が形成された発磁体により構成され、また、可動子8Aは、N極の軸に遊嵌する内筒、この内筒の外側に巻回されたコイル、及びこのコイルを覆う外筒より構成される。そして、コイルに流れ

る電流を調整することにより、固定子9Aと可動子8Aとの間に±Z方向の力が発生する。その他のアクチュエータ7B～7Dもアクチュエータ7Aと同様に構成されている。

【0030】定盤6上には図示しない駆動手段によってXY2次元方向に駆動される基板ステージとしてのXYステージ20が載置されている。このXYステージ20は、実際には走査方向であるX方向に移動可能なXステージと、このXステージ上をY方向に移動可能なYステージとから構成されるが、図1ではこれらが代表的にXYステージ20として示されている。

【0031】また、定盤6上でXYステージ20を囲むように第1コラム24が植設され、第1コラム24の上板の中央部に投影光学系PLが固定され、第1コラム24の上板に投影光学系PLを囲むように第2コラム26が植設され、第2コラム26の上板の中央部にレチクルステージ27が載置されている。

【0032】更に、レチクルステージ27の上方には、図1では図示を省略したが、図2に示される照明系3が設けられている。この照明系3は、光源1、コリメータレンズ、フライアイレンズ等（いずれも図示せず）からなる照度均一化光学系12、リレーレンズ13、可変NDフィルタ14、レチクルブラインド15、リレーレンズ16及びダイクロイックミラー17（この内、照度均一化光学系12、リレーレンズ13、レチクルブラインド15、リレーレンズ16及びダイクロイックミラー17によって照明光学系が構成される）等を含んで構成されている。

【0033】ここで、この照明系3の構成各部についてその作用とともに説明すると、光源1で発生した照明光ILは不図示のシャッターを通過した後、照度均一化光学系12により照度分布がほぼ均一な光束に変換される。照明光ILとしては、ここでは、KrFエキシマレーザ光やArFエキシマレーザ光等のエキシマレーザ光が用いられている。この場合、光源1を構成するエキシマレーザや照明光学系は、前述した定盤6及び第1コラム24、第2コラム26等から離れた位置に設けられており（別置きになっており）、定盤6等の振動、傾斜等の影響により照明光ILの照射位置が変化することのない構成となっている。

【0034】前記照度均一化光学系12から水平に射出された光束は、リレーレンズ13を介して、レチクルブラインド15に達する。このレチクルブラインド15は、マスクとしてのレチクルRのパターン形成面及び感光基板としてのウエハWの露光面と光学的に共役な面に配置され、このレチクルブラインド15のリレーレンズ13側に密着するように、可変NDフィルタ14が設置されている。

【0035】前記レチクルブラインド15としては、複数枚の可動遮光板（例えば2枚のL字型の可動遮光板）

を例えばモータにより開閉することにより開口部の大きさ（スリット幅等）を調整するものが用いられ、その開口部の大きさを調整することにより、レチクルRを照明するスリット状の照明領域 IAR（図4参照）を任意の形状及び大きさに設定できるようになっている。

【0036】また、可変NDフィルタ14は透過率分布を所望の状態に設定するもので、例えば二重すだれ構造、液晶表示パネル、エレクトロクロミックデバイス、又は所望の形状のNDフィルタより構成されている。本実施形態ではこの可変NDフィルタ14は、可変NDフィルタ制御部18によって出し入れ（あるいはその回転角度）等の制御がなされており、これによりレチクルR上の照明領域 IAR内の照度分布が意図的に不均一にされ、結果的に走査中のウエハW上の露光量を一定に保つことができるようになっている。通常は、可変NDフィルタ14の全体が100%透過になっており、レチクルR上の照明領域 IAR内の照度分布は均一である。

【0037】可変NDフィルタ14及びレチクルブラインド15を通過した光束は、リレーレンズ16を通過してダイクロイックミラー17に至り、ここで鉛直下方に折り曲げられて回路パターン等が描かれたレチクルRの照明領域 IAR部分を照明する。

【0038】前記レチクルステージ27上にマスクとしてのレチクルRが例えば真空吸着により固定され、このレチクルステージ27は、レチクルRの位置決めのため、照明光学系の光軸 IX（これは、投影光学系 PLの光軸 AXに一致）に垂直な平面内で2次元的に（X軸方向及びこれに直交するY軸方向及びXY平面に直交するZ軸回りの回転方向に）微小駆動可能に構成されている。また、このレチクルステージ27は、リニアモータ等で構成されたレチクル駆動部（図示省略）により、所定の走査方向（ここでは、X方向）に指定された走査速度で移動可能となっている。このレチクルステージ27は、レチクルRの全面が少なくとも照明光学系の光軸 IXを横切ることができるだけの移動ストロークを有している。

【0039】レチクルステージ27の端部には、図2に示されるように、レチクルレーザ干渉計（以下、「レチクル干渉計」という）30からのレーザビームを反射する移動鏡19が固定されており、レチクルステージ27のX軸方向の位置はレチクル干渉計30によって、例えば0.01μm程度の分解能で常時検出される。このレチクル干渉計30からのレチクルステージ27の位置情報（又は速度情報）はステージコントローラ21及びこのステージコントローラ21を介して主制御装置22に入力されている。ステージコントローラ21はこの位置情報（又は速度情報）に基づいてレチクル駆動部（図示省略）を介してレチクルステージ27を駆動する。

【0040】なお、不図示のレチクルアライメント系により所定の基準位置にレチクルRが精度良く位置決めさ

れるように、レチクルステージ27の初期位置が決定されるため、移動鏡19の位置をレチクル干渉計30で測定するだけでレチクルRの位置を十分高精度に測定したことになる。

【0041】前記投影光学系 PLは、レチクルステージ27の図1及び図2における下方に配置され、その光軸 AX（照明光学系の光軸 IXに一致）の方向がZ軸方向とされ、ここでは両側テレセントリックで、所定の投影倍率、例えば1/5（あるいは1/4）を有する縮小光学系が用いられている。このため、照明光学系からの照明光 ILによってレチクルRの照明領域 IARが照明されると、このレチクルRを通過した照明光 ILにより、投影光学系 PLを介してレチクルRの回路パターンの縮小像が表面にフォトリソ（感光材）が塗布されたウエハW上に形成される。

【0042】前記XYステージ20は、投影光学系 PLの図1、図2における下方に配置され、このXYステージ20上には、Zレベリングステージ、θステージ（いずれも図示省略）及びウエハホルダ20Aを介して感光基板としてのウエハWが真空吸着されている。Zレベリングステージは、Z軸方向の駆動及びZ軸に対する傾斜が調整可能に構成され、θステージはZ軸回りの微小回転が可能に構成されている。従って、XYステージ20、Zレベリングステージ及びθステージによって、ウエハWは3次元的に位置決めが可能となっている。

【0043】XYステージ20は走査方向（X方向）の移動のみならず、ウエハW上の複数のショット領域を照明領域 IARと共役な露光領域に位置させることができるように、走査方向に垂直な非走査方向（Y方向）にも移動可能に構成されており、ウエハW上の各ショット領域を走査（スキャン）露光する動作と、次のショットの露光開始位置まで移動する動作とを繰り返すステップ・アンド・スキャン動作を行う。このXYステージ20はモータ等のウエハステージ駆動部（図示省略）によりXY2次元方向に駆動される。

【0044】XYステージ20の端部には位置計測手段としてのウエハレーザ干渉計（以下、「ウエハ干渉計」という）31からのレーザビームを反射する移動鏡25が固定され、XYステージ20のXY平面内での位置はウエハ干渉計31によって、例えば0.01μm程度の分解能で常時検出されている。ここで、実際には、XYステージ20上には走査方向に直交する反射面を有するX移動鏡と非走査方向に直交する反射面を有するY移動鏡とが設けられ、これに対応して位置計測手段としてのY軸用レーザ干渉計31Yと、X軸用レーザ干渉計31Xとが設けられているが（図1、図5参照）、図2ではこれらが代表的に移動鏡25、ウエハ干渉計31として示されている。XYステージ20の位置情報（又は速度情報）はステージコントローラ21及びこのステージコントローラ21を介して主制御装置22に入力されてい

る。ステージコントローラ21はこの位置情報（又は速度情報）に基づいてウエハステージ駆動部（図示省略）を介してXYステージ20を制御する。

【0045】本実施形態の露光装置100においては、図4に示されるように、レチクルRの走査方向（X方向）に対して垂直な方向に長手方向を有する長方形（スリット状）の照明領域IARでレチクルRが照明され、レチクルRは露光時に-X方向に速度 V_R で走査（スキャン）される。照明領域IAR（中心は光軸AXとほぼ一致）は投影光学系PLを介してウエハW上に投影され、スリット状の投影領域IAが形成される。ウエハWはレチクルRとは倒立結像関係にあるため、ウエハWは速度 V_R の方向とは反対方向（+X方向）にレチクルRに同期して速度 V_R で走査され、ウエハW上のショット領域SAの全面が露光可能となっている。走査速度の比 V_R/V_R は正確に投影光学系PLの縮小倍率に応じたものになっており、レチクルRのパターン領域PAのパターンがウエハW上のショット領域SA上に正確に縮小転写される。すなわち、このようにして走査（スキャン）露光が行なわれる。照明領域IARの長手方向の幅は、レチクルR上のパターン領域PAよりも広く、遮光領域STの最大幅よりも狭くなるように設定され、走査（スキャン）することによりパターン領域PA全面が照明されるようになっている。

【0046】図2に戻り、投影光学系PLの側面にはウエハW上の各ショット領域に付設された計測マークとしてのアライメントマーク（ウエハマーク）の位置を検出するための検出手段としてのオフ・アクシス方式のアライメント顕微鏡23（これについては、後述する）が設けられ、そのアライメント顕微鏡23の計測結果が、装置全体の動作を制御する主制御装置22に供給されている。

【0047】前記アライメント顕微鏡23としては、本実施形態では画像処理方式のものが用いられている。このアライメント顕微鏡23は、ハログランプ等のブロードバンドな照明光を発する光源、対物レンズ、指標板、CCD等の撮像素子及び信号処理回路、演算回路等（いずれも図示省略）を含んで構成されている。このアライメント顕微鏡23を構成する光源から発せられた照明光がアライメント顕微鏡23内部の対物レンズを通過した後ウエハW上に照射され、そのウエハW表面の不図示のウエハマーク領域からの反射光がアライメント顕微鏡23内部に戻り、対物レンズ、指標板を順次透過してCCD等の撮像面上にウエハマークの像、及び指標板上の指標の像が結像される。これらの像の光電変換信号が信号処理回路により処理され、演算回路によってウエハマークと指標との相対位置が算出される。この算出結果が、主制御装置22に供給されている。なお、ウエハWのアライメント方法は種々提案されているが、他の方法でも同様に使用できる。

【0048】さらに、本実施形態の露光装置100には、投影光学系PLの最良結像面に向けてピンホール、あるいはスリット像を形成するための結像光束を光軸AX方向に対して斜め方向より供給する照射光学系28と、その結像光束のウエハWの表面での反射光束をスリットを介して受光する受光光学系29とから成る斜入射方式の焦点検出系が、設けられている。この焦点検出系（28、29）は、実際には投影光学系PLを支える図1に示される第1コラム24に不図示の支持部材を介して支持されている。この焦点検出系（28、29）の構成等については、例えば特開昭60-168112号公報に開示されており、ウエハ表面の結像面に対する上下方向（Z方向）の位置偏差を検出し、この検出信号がウエハWと投影光学系PLとが所定の間隔を保つように不図示のZレベリングステージをZ方向に駆動するために用いられる。焦点検出系（28、29）からの検出情報は、主制御装置22を介してステージコントローラ21に送られる。ステージコントローラ21は、この情報に基づいてZレベリングステージをZ方向に駆動する。

【0049】また、図示は省略したが、本実施形態では、例えば特開昭58-113706号公報に開示されているような水平位置検出系が設けられており、この水平位置検出系によってウエハW上の所定領域の結像面に対する傾きが検出され、この検出情報が主制御装置22を介してステージコントローラ21に送られるようになっている。ステージコントローラ21は、この情報に基づいてZレベリングステージを傾斜駆動する。

【0050】主制御装置22では、アライメント顕微鏡23によって計測されたウエハマークの位置の計測結果を用いて、特開昭61-44429号に開示されるような最小自乗法を用いた統計演算により、ウエハW上のショット領域の配列を算出し、この算出結果に基づいてステージコントローラ21を介してウエハW上のショット領域を露光開始位置まで移動させ、レチクルRとウエハWを同期走査すると同時に焦点検出系（28、29）、不図示の水平位置検出系の検出情報に基づいて不図示のZレベリングステージを駆動することによりウエハW上の各ショット領域を投影光学系PLの結像面に一致させつつ、照明系3からの露光用の照明光ILの下でレチクルRのパターンの投影光学系PLを介した像をウエハWのショット領域に転写する。このような動作を繰り返すことにより、ステップ・アンド・スキャン方式でウエハW上の各ショット領域を露光する。

【0051】図1に戻り、前記第1コラム24は、4本の脚部24a~24d（但し、図1では紙面奥側の脚部24dは図示せず）により定盤6上に接触している。この第1コラム24の上板の上面の+Y方向の端部には、第1コラム24のZ方向の加速度を検出する振動センサとしての加速度センサ5Z₁、5Z₂及び第1コラム24のY方向の加速度を検出する加速度センサ5Y₁、5

10

20

30

40

50

Y₂が設けられている。また、この第1コラム24の上板の上面の+X方向の端部には、第1コラム24のZ方向の加速度を検出する振動センサとしての加速度センサ5Z₁、及び第1コラム24のX方向の加速度を検出する加速度センサ5Xが設けられている。これらの加速度センサ5Z₁、5Z₂、5Z₃、5Y₁、5Y₂、5Xとしては、例えばピエゾ抵抗効果型あるいは静電容量型の半導体式加速度センサが使用される。これらの加速度センサ5Z₁、5Z₂、5Z₃、5Y₁、5Y₂、5Xの出力も制御装置11（図1では図示省略、図3、図5参照）に入力されている。

【0052】また、第1コラム24の上板の+Y方向端部側で-X方向の側面に対向する位置には、第1コラム24のZ方向変位を検出する変位センサ10Z₁、第1コラム24のY方向の変位を検出する変位センサ10Y₁が一体化されて成る変位センサ10Aが配置され、第1コラム24の上板の+Y方向端部側で+X方向の側面に対向する位置には、第1コラム24のZ方向変位を検出する変位センサ10Z₂、第1コラム24のY方向の変位を検出する変位センサ10Y₂が一体化されて成る変位センサ10Bが配置されている。第1コラム24の上板の-Y方向端部側で+X方向の側面に対向する位置には、第1コラム24のZ方向変位を検出する変位センサ10Z₃、第1コラム24のX方向の変位を検出する変位センサ10Xが一体化されて成る変位センサ10Cが配置されている。

【0053】ここで、変位センサ10Z₁、10Z₂、10Z₃、10Y₁、10Y₂、10Xとしては、例えば静電容量式センサや、渦電流変位センサが使用される。前者の静電容量式センサによれば、静電容量がセンサの電極と測定対象物（ここでは、不図示の金属板）間の距離に反比例することを利用して非接触でセンサと測定対象物間の距離が検出される。また、後者の渦電流変位センサによれば、予め絶縁体に巻いたコイルに交流電圧を加えておき、導電性材料（導電体）から成る測定対象に近づけると、コイルによって作られた交流磁界によって導電体に渦電流が発生し、この渦電流によって発生する磁界は、コイルの電流によって作られた磁界と逆方向であり、これら2つの磁界が重なり合って、コイルの出力に影響を与え、コイルに流れる電流の強さ及び位相が変化する。この変化は、対象がコイルに近いほど大きくなり、逆に遠いほど小さくなるので、コイルから電気信号を取り出すことにより、対象の位置、変位を知る事ができる。この他、背景光の影響を阻止できる構成にすれば、変位センサとしてPSD（半導体光位置検出器）を使用することも可能である。

【0054】変位センサ10Y₁、10Y₂、10Z₁、10Z₂、10Z₃、10Xの出力も制御装置11（図1では図示省略、図3、図5参照）に供給されている。

【0055】第1コラム24の+X方向の側面には、アクチュエータ32Aが台座2に固定された門形の支柱35Aとの間に取り付けられている。アクチュエータ32Aは、前述したアクチュエータ7A～7Cと同様に、支柱35Aに固定された固定子34Aと第1コラム24に取り付けられた可動子33Aとから構成され、制御装置11から可動子33A内のコイルに流れる電流を調整することにより、第1コラム24に対して±X方向に力を与えることができるようになっている。同様に、第1コラム24の上面2箇所に可動子33B、33Cが取り付けられ、これら可動子33B、33Cとともにアクチュエータ32B、32Cをそれぞれ構成する固定子34B、34Cが台座2に固定された支柱35A、35Bにそれぞれ固定されている。アクチュエータ32Aと同様に、アクチュエータ32B、32Cにおいても制御装置11から可動子33B、33C内のコイルに流れる電流を調整することにより、第1コラム24に対して±Y方向の力を与えることができるようになっている。制御装置11による、アクチュエータ32A～32Cの制御方法についても後述する。

【0056】ここで、露光装置100の設置時の定盤6の高さ及び水平レベルの調整について、図3を参照しつつ説明する。変位センサ10Z₁、10Z₂、10Z₃で計測された定盤6のZ方向変位（高さ）が制御装置11に伝えられ、これらのデータに基づいて制御装置11では、定盤6の高さを予め設定されている値にすると共に水平レベルを維持するため、3つの空圧制御回路37A～37Cを介して各除振パッドに供給する空気の流量を制御して除振パッドに4A～4Dの高さをそれぞれの高さに設定する。その後、除振パッド4A～4Dの高さはそれぞれの設定値に維持される。これにより、定盤6に歪みが生ずることがなく、定盤6上のXYステージ20の位置決め精度等が高精度に維持される。

【0057】本実施形態の露光装置100では、定盤6、XYステージ20、ウエハホルダ20A、第1コラム24、投影光学系PL、第2コラム26、及びレチクルステージ27等により露光本体部40（図5参照）が構成されている。

【0058】次に、この露光本体部40の除振のためのアクチュエータ7A～7D、32A～32C及び除振パッド4A～4Dの制御系について、制御装置11を中心に、図5のブロック図に基づいて説明する。

【0059】制御装置11は、変位センサ10Z₁、10Z₂、10Z₃、10Y₁、10Y₂、10X及び加速度センサ5Z₁、5Z₂、5Z₃、5Y₁、5Y₂、5Xの出力に基づいて定盤6を含む露光本体部40の振動を抑制するようにアクチュエータ7A、7B、7C、7D、32A、32B、32Cを駆動制御する第1制御系としての振動制御系を有している。

【0060】これを更に詳述すると、振動制御系は、変

位センサ10Z₁、10Z₂、10Z₃、10Y₁、10Y₂、10Xの出力を図示しないA/Dコンバータをそれぞれ介して入力し、露光本体部40の重心Gの6自由度方向(X、Y、Z、Xθ、Yθ、Zθ：図1参照)の変位量(x、y、z、θ_x、θ_y、θ_z)に変換する第1の座標変換部42と、この第1の座標変換部42で変換後の重心の6自由度方向の変位量(x、y、z、θ_x、θ_y、θ_z)を目標値出力部44から入力される6自由度方向の重心位置の目標値(x₀、y₀、z₀、θ_{x0}、θ_{y0}、θ_{z0})からそれぞれ減じて6自由度のそれぞれの方向の位置偏差(Δx=x₀-x、Δy=y₀-y、Δz=z₀-z、Δθ_x=θ_{x0}-θ_x、Δθ_y=θ_{y0}-θ_y、Δθ_z=θ_{z0}-θ_z)をそれぞれ算出する6つの減算器46a~46fと、6自由度のそれぞれの方向の位置偏差Δx、Δy、Δz、Δθ_x、Δθ_y、Δθ_zを動作信号として制御動作を行なうPIコントローラから成る6自由度のそれぞれの方向の位置コントローラXPI、YPI、ZPI、XθPI、YθPI、ZθPIと、加速度センサ5Z₁、5Z₂、5Z₃、5Y₁、5Y₂、5Xの出力を図示しないA/Dコンバータをそれぞれ介して入力し、重心Gの6自由度方向の加速度(x^{''}、y^{''}、z^{''}、θ_x^{''}、θ_y^{''}、θ_z^{''})に変換する第2の座標変換部48と、この第2の座標変換部48で変換後の重心Gの6自由度方向の加速度x^{''}、y^{''}、z^{''}、θ_x^{''}、θ_y^{''}、θ_z^{''}をそれぞれ積分してそれぞれの方向の重心Gの速度x[']、y[']、z[']、θ_x[']、θ_y[']、θ_z[']に変換する6つの積分器50a~50fと、位置コントローラXPI、YPI、ZPI、XθPI、YθPI、ZθPIの出力を速度指令値x₀[']、y₀[']、z₀[']、θ_{x0}[']、θ_{y0}[']、θ_{z0}[']にそれぞれ変換する速度変換ゲイン52a~52fと、この変換後の速度指令値x₀[']、y₀[']、z₀[']、θ_{x0}[']、θ_{y0}[']、θ_{z0}[']から積分器50a~50fの出力x[']、y[']、z[']、θ_x[']、θ_y[']、θ_z[']をそれぞれ減じて6自由度方向のそれぞれの方向の速度偏差(Δx[']=x₀[']-x[']、Δy[']=y₀[']-y[']、Δz[']=z₀[']-z[']、Δθ_x[']=θ_{x0}[']-θ_x[']、Δθ_y[']=θ_{y0}[']-θ_y[']、Δθ_z[']=θ_{z0}[']-θ_z['])を算出する6つの減算器54a~54fと、6自由度のそれぞれの方向の速度偏差Δx[']、Δy[']、Δz[']、Δθ_x[']、Δθ_y[']、Δθ_z[']を動作信号として制御動作を行なうPIコントローラから成る6自由度のそれぞれの方向の速度コントローラVXPI、VYPI、VZPI、VXθPI、VYθPI、VZθPIと、これらのコントローラで演算された6自由度のそれぞれの方向の速度制御量を各アクチュエータの位置で発生すべき速度指令値に変換するための非干渉化演算を行なう非干渉化計算部56と、この非干渉化計算部56で変換後の各アクチュエータの位置で発生すべき速度指令値を各アクチュエータで発生すべき推力にそれぞれ変換する推力ゲイン58a~

58gとを有する。

【0061】即ち、本実施形態の振動制御系は、変位センサ、位置コントローラ等を含んで構成される位置制御ループの内側に、その内部ループとして加速度センサ、積分器、速度コントローラ等を含んで構成される速度制御ループを有する多重ループ制御系となっている。

【0062】なお、本実施形態の装置100では、目標値出力部44が、マイクロコンピュータで構成され、この目標値出力部44では、目標設定値及び目標設定範囲を一律とせずに、露光、アライメント、ローディング等の各動作モード毎に設定するようになっている(これについては、後に詳述する)。

【0063】また、本実施形態において、前記非干渉化計算部56は、変位センサ10Z₁、10Z₂、10Z₃の出力に基づいて、XYステージ20、レチクルステージ27の移動に伴って生じる定盤6の傾きを演算し、その傾きを補正する機能をも備えている。これを更に詳述すると、この非干渉化計算部56では、常時変位センサ10Z₁、10Z₂、10Z₃の出力を直接的にモニタすることにより、定盤6の傾きを演算し(検出し)、定盤6の傾きを除振パッド4A~4Dにより補正するように空圧制御部37を構成する第1ないし第3の空圧制御回路37A~37Cを制御し、前述した非干渉化計算の結果得られるアクチュエータ7A~7Dで発生すべき速度指令値が所定値を超えないようにする機能をも備えている。

【0064】さらに、本実施形態の装置100では、スキャンカウンタ66の出力がX方向の速度コントローラVXPIの出力段に設けられた加算器68を介して振動制御系にフィードフォワード入力されている。本実施形態の露光装置100では、ウェハW上のショットを露光する際には、レチクルステージ27とXYステージ20とが走査方向、すなわち、X軸方向に互いに逆向きに同期走査されるが、この際にレチクルステージ27は、1ショットにつき1回、当該レチクルステージ27の可動範囲を端から端までXYステージ20の速度の投影光学系PLの縮小倍率の逆数倍(例えば、4倍又は5倍)の速度で移動し、しかも露光は定速域でのみ行なわれることから、レチクルステージ27は停止状態から目標速度まで加速、目標速度を維持、目標速度から停止状態まで減速の3つの状態遷移を行なうことになり、ステージ27の移動開始直後及び停止直前には大きな反力が第2コラム26を介して定盤6に作用し、定盤6を含む露光本体部40に振動が生ずる。そこで、スキャンカウンタ66により、レチクルステージ27の加速度と逆向きの反力の指令値を振動制御系にフィードフォワード入力し、上記のステージ27の移動開始直後及び停止直前の振動を抑制しようとするのである。

【0065】次に、除振パッド4A~4Dの高さを制御するための空圧制御部37について図6を用いて説明す

10

20

30

40

50

る。

【0066】この空圧制御部37は、手動バルブ101を介して給気路110にそれぞれ接続されるとともに排気路120にそれぞれ接続された第1ないし第3の空圧制御回路37A～37Cを有している。手動バルブ101は供給圧を手動でON・OFFにするためのバルブである。

【0067】前記第1の空圧制御回路37Aは、図3紙面左奥側の除振パッド4Dに供給する空気の流量を制御するための回路で、相互に並列な第1回路38aと第2回路38bとを有している。第1回路38aは、給気側の圧力を設定するレギュレータ102Aと、このレギュレータ102Aで設定される空気路内の圧力を検出する圧力センサ104Aと、この圧力センサ104Aが設けられた空気路に配置された2系統の絞り、すなわち微動側の固定絞り106A及び粗動側のスピコン105Aと、固定絞り106A及びスピコン105Aを切り替える（択一的にオン状態にする）3ポート電磁弁107Aと、この電磁弁107Aの固定絞り106Aと反対側に配置され、当該空気路そのものをオン・オフする2ポート電磁弁108Aとを有している。同様に第2回路38bは、排気側の圧力を設定するレギュレータ102aと、このレギュレータ102aで設定された空気路内の圧力を検出する圧力センサ104aと、この圧力センサ104aが設けられた空気路に配置された2系統の絞り、すなわち微動側の固定絞り106a及び粗動側のスピコン105aと、固定絞り106a及びスピコン105aを切り替える3ポート電磁弁107aと、この電磁弁107aの固定絞り106aと反対側に配置され、当該空気路そのものをオン・オフする2ポート電磁弁108aとを有している。第1回路38aと第2回路38bとの合流点には、第1の空圧制御回路37Aの供給圧力を検出する圧力センサ103Aが設けられている。

【0068】ここで、固定絞り106A、106aは、ステンレスもしくはルビー等の硬質の素材にレーザ加工等により微細な孔を設けたもので、その孔径は $\phi 50\mu\text{m}$ から $\phi 300\mu\text{m}$ 位のものが使用されているが、これに代えて精密ニードル弁のような可変絞りをを用いても構わない（以下の第2、第3の空圧制御回路において同じ）。

【0069】除振パッド4Dに供給及び排気される空気の流量はそれぞれの絞りの有効断面積と第1回路（給気側回路）38aと第1の空圧制御回路37Aとの圧力比、第2回路（排気側回路）38bと第1の空圧制御回路37Aとの圧力比とによって決定されるので、レギュレータ102A、102aによる圧力の設定、微動側の固定絞り106A、106a及び粗動側のスピコン105A、105aの切り替えにより流量は任意に設定可能となる。

【0070】第2の圧力制御回路37Bも、第1の圧力

制御回路37Aと同様に、相互に並列な第3回路39aと第4回路39bとを有し、第3回路39aはレギュレータ102B、圧力センサ104B、微動側の固定絞り106B、粗動側のスピコン105B、3ポート電磁弁107B、2ポート電磁弁108Bとを有している。また、第4回路39bは、レギュレータ102b、圧力センサ104b、微動側の固定絞り106b、粗動側のスピコン105b、3ポート電磁弁107b、2ポート電磁弁108bとを有している。また、第3回路39aと第4回路39bとの合流点には、第2の空圧制御回路37Bの供給圧力を検出する圧力センサ103Bが設けられている。

【0071】第3の圧力制御回路37Cも、第1の圧力制御回路37Aと同様に、相互に並列な第5回路40aと第6回路40bとを有し、第5回路40aはレギュレータ102C、圧力センサ104C、微動側の固定絞り106C、粗動側のスピコン105C、3ポート電磁弁107C、2ポート電磁弁108Cとを有している。また、第6回路40bは、レギュレータ102c、圧力センサ104c、微動側の固定絞り106c、粗動側のスピコン105c、3ポート電磁弁107c、2ポート電磁弁108cとを有している。また、第5回路40aと第6回路40bとの合流点には、第3の空圧制御回路37Cの供給圧力を検出する圧力センサ103Cが設けられている。

【0072】第2、第3の空圧制御回路37B、37Cにおいても、第1の空圧制御回路37Aと同様に、レギュレータによる圧力の設定、固定絞り及びスピコンの切り替えにより流量は任意に設定可能となっている。

【0073】また、図6においては、4個の除振パッドのうち手前の2個、すなわち除振パッド4A、4Bを同一の空圧系統で制御する場合を例示したが、空圧制御部37においては、除振パッド4A～4Dに空気を供給する径路は3系統あり、各系統の空圧制御回路を除振パッド4A～4Dに接続する方法（組み合わせ）としては、図7（A）、図7（B）、図7（C）に示されるように種々の変形が可能であり、露光本体部40の重心位置、除振パッド4A～4Dの配置に応じてこれらのいずれかを選択することにより、露光本体部40の傾き量の制御性を最適な状態にすることが可能である。

【0074】また、露光本体部40を支持する除振パッド4A～4Dのそれぞれの内圧は露光本体部40の重量及び重心位置、そして除振パッド4A～4Dの配置により決まる。また、露光本体部40が設定された高さ及び水準にあるとき、除振パッド4A～4Dに必要な圧力は圧力センサ103A、103B、103Cによってモニターすることができる。

【0075】次に、除振パッドに供給する空気流量の調整方法について、説明する。

【0076】前提として、露光本体部40の重量及び重

心位置、そして除振パッド4A～4Dの配置に応じて定まる除振パッド4A～4Dに必要な圧力に基づいて固定絞り106A、106B、106C及び106a、106b、106cが選定されているものとする。

【0077】各除振パッドに対する目標供給圧力に応じてレギュレータ102A、102B、102C及び102a、102b、102cを調整する。この調整の際、流量測定を行っても良いが、本実施形態では変位センサ10Z₁、10Z₂、10Z₃、制御装置11内部の非干渉化計算部56、空圧制御部37及び除振パッド4A～4Dによって、定盤6の傾きを全部又は一部補正する位置制御ループが構成されているので、変位センサ10Z₁、10Z₂、10Z₃の出力に基づいて除振パッド4A～4Dの高さ変化速度を求めるようになっている。なお、レギュレータ102A、102B、102C及び102a、102b、102cの調整の際には、圧力センサ104A、104B、104C及び104a、104b、104cのモニター値を目安にするとよい。

【0078】次に、スピコン105A、105B、105C及び105a、105b、105cの調整を行い、粗動側の流量を決定する。

【0079】上記のようにして構成された空圧制御部37によれば、除振パッド4A～4Dに供給する空気の流量制御を粗動、微動の2系統に切り換えることにより、除振台としての定盤6の位置制御ループのゲインを高低2種類の任意の状態に設定することが可能となる。

【0080】次に、本実施形態に係る設定手段としての目標値出力部44における、XYステージ20の移動に関連する装置動作モードに応じた制御モードの設定方法について説明する。ここで、上記の装置動作モードは、後述する露光、アライメント、ローディング等の各動作モードをいうが、これは本発明に係る移動体の動作モードの一部である。本実施形態では、目標値出力部44は、動作モード毎に目標設定値、目標設定範囲の一方又は両方を変更することにより、定盤6を含む露光本体部40の制御モードを設定する。ここで、動作モード毎に、目標設定値、目標設定範囲を設定するのは、次のような理由による。

【0081】すなわち、露光本体部40の傾斜を例にとると、本実施形態ではエキシマレーザが光源1として用いられているので、光源1が露光本体部40と別置きとなっており、露光本体部40が傾斜しても光源1は傾斜しないため、これを放置すると、露光本体部40の傾斜により露光光の照射位置に狂いが生じるようになる。従って、露光動作の際には、定盤6を含む露光本体部40を所定の基本姿勢（通常は水平）に維持して露光光の照射位置が常に一定となるようにする必要がある。これに対し、アライメントマークの計測を行なうアライメント動作の際等には、アライメント顕微鏡23用の光源は通常露光本体部40に一体的に設けられているので、露光

本体部40が傾斜するとこれと一体的にアライメント顕微鏡23用の光源も傾斜するので、露光本体部40の傾斜のみに起因してはアライメント顕微鏡23によるアライメントマーク位置の計測に誤差が生ずるおそれがなく、この場合には、露光本体部40を必ずしも上記基本姿勢に戻す必要はない。また、レチクルRやウエハWのローディング動作時においては、ウエハW及びレチクルRの受け渡し動作時間中に限って、露光本体部40が一定の姿勢に保たれていれば足りる。従って、各動作毎に、目標設定値を設定すれば、必要以上に除振パッド4A～4Dの高さ調整やアクチュエータ7A～7D、32A～32Cの駆動が行われるのを防止することができる。

【0082】また、目標設定範囲（許容誤差）も、当然のことながら、上記各動作毎に異なるので、これを一律とせず、それぞれ定めることにすれば、結果的に必要以上のアクチュエータの駆動を回避することができる。

【0083】ここで、目標値出力部44による動作モード毎の制御モードの設定、すなわち目標設定値、目標設定範囲の定め方について、具体的に説明する。

【0084】露光動作モード（第1モード）

目標設定値は、光源1の射出位置で許容できる位置ずれ及び角度ずれの値（ $X \pm \Delta X$, $Y \pm \Delta Y$, $Z \pm \Delta Z$, $X \theta \pm \Delta X \theta$, $Y \theta \pm \Delta Y \theta$, $Z \theta \pm \Delta Z \theta$ ）に応じた各変位センサの設定範囲を座標変換して求める。例えば、光原1が露光本体部40と別置きの場合、 $X=Y=Z=X \theta=Y \theta=Z \theta=0$ とし、露光本体部40の傾きについて常に補正をかける。目標設定範囲は、露光量を確保に必要な許容値に基づいて決定する。そして、目標値出力部44ではこの目標設定値を中心とする目標設定範囲の幅を持つ6自由度の目標値を出力する。

【0085】アライメント動作モード（第2モード）

アライメント用光源が露光本体部40に一体的に設けられている場合、前述したように、傾き量の補正を行なう必要はなく、振動だけを抑制すればよいことになる。従って、目標値出力部44では、 X , Y , Z , $X \theta$, $Y \theta$, $Z \theta$ の値を、アライメント動作を行なう際のXYステージ20の停止位置における予測値とし、目標設定範囲はアライメント精度を確保するために必要な振動幅に基づいて決定する。

【0086】ここで、上記の予測値の決定の前提となる定盤6の傾き量、すなわち除振パッド4A、4B、4C、4Dの沈み量 δ_1 、 δ_2 、 δ_3 、 δ_4 の算出方法について説明する。ここでは、図8に示されるような位置関係で除振パッド4A～4Dが配置され、レチクルステージ（質量： $M1$ ）がウエハステージ座標系の（ r , 0）の位置に移動し、Yステージ（質量： $M2$ ）が（ q , p ）の位置に移動し、Xステージ（質量： $M3$ ）が（ q , 0）の位置に移動した場合を例にとって説明する。

【0087】この場合、各ステージの移動による露光本体部40の重心位置の移動により除振パッド4A、4B、4C、4Dに作用する力を、それぞれ f_1 、 f_2 、

$$f_1 = -\frac{M_2 P}{2(c+d)} g - \frac{M_1 r + (M_2 + M_3) q}{2(a+b)} g$$

$$f_2 = \frac{M_2 P}{2(c+d)} g - \frac{M_1 r + (M_2 + M_3) q}{2(a+b)} g$$

$$f_3 = \frac{M_2 P}{2(c+d)} g + \frac{M_1 r + (M_2 + M_3) q}{2(a+b)} g$$

$$f_4 = -\frac{M_2 P}{2(c+d)} g + \frac{M_1 r + (M_2 + M_3) q}{2(a+b)} g$$

【0089】このように、各ステージの移動指令値と各ステージの重量とに基づいて重心位置の移動により除振パッド4A～4Dに作用する力 f_1 、 f_2 、 f_3 、 f_4 は求められる。

【0090】また、除振パッドのばね定数は除振パッド内の圧力値に応じて変わるため、前述した圧力センサ103A、103B、103Cの値より演算することが可能である。従って、除振パッド4A、4B、4C、4Dのばね定数（内圧Pの関数）を、それぞれ K_1 、 K_2 、 K_3 、 K_4 とすると、除振パッド4A、4B、4C、4Dの沈み量 δ_1 、 δ_2 、 δ_3 、 δ_4 は、次のようになる。

【0091】

【数2】

$$\delta_1 = \frac{f_1}{K_1(P)}$$

$$\delta_2 = \frac{f_2}{K_2(P)}$$

$$\delta_3 = \frac{f_3}{K_3(P)}$$

$$\delta_4 = \frac{f_4}{K_4(P)}$$

【0092】従って、目標値出力部44では、アライメント動作モードのときには、不図示のメインコンピュータからの各ステージの移動指令値と、圧力センサ103A、103B、103Cの値とに基づいて、（数1）、（数2）を用いて沈み量 δ_1 、 δ_2 、 δ_3 、 δ_4 を演算して定盤6の傾斜を予測し、最終的な傾斜がこの予測値に一致するような、目標設定値X、Y、Z、 $X\theta$ 、 $Y\theta$ 、 $Z\theta$ を定める。そして、目標値出力部44ではこの目標設定値を中心とする目標設定範囲の幅を持つ6自由度の目標値を出力する。

【0093】ローディング動作モード（第3モード）この場合、XYステージ20（又はレチクルステージ27）は、所定のウエハ（又はレチクル）の受け渡し位置

* f_3 、 f_4 とすると、これらの力は次のように表せる。

【0088】

* 【数1】

※に移動し、ウエハ（又はレチクル）の受け渡し動作時間中に限って一定の姿勢に保たれていれば良い。従って、目標値出力部44では、X、Y、Z、 $X\theta$ 、 $Y\theta$ 、 $Z\theta$ の値は、ウエハ（又はレチクル）の受け渡し動作時のXYステージ20（又はレチクルステージ27）の停止位置より求めた一定値とし、目標設定範囲は受け渡し精度を確保するのに必要な許容値に基づいて設定する。そして、目標値出力部44では、目標設定値を中心とする目標設定範囲の幅を持つ6自由度の目標値を出力する。

【0094】次に、上述のようにして構成された露光装置100のスキャン露光の際（第1モード時）の作用について説明する。

【0095】不図示のメインコンピュータから露光動作モード開始指令がなされると、主制御装置22及びステージコントローラ21によりスキャン露光が開始される。この際、目標値出力部44では、上述した露光動作モードにおける目標設定値を中心とする目標設定範囲の幅を持つ6自由度の目標値を出力する。

【0096】このスキャン露光の際に、XYステージ20、レチクルステージ27がX軸方向に沿って走査されると、露光本体部40の重心が移動し、定盤6を含む露光本体部40が傾斜するが、このときの変位センサ10Z₁、10Z₂、10Z₃の出力が制御装置11を構成する非干渉化計算部56に供給されており、また、変位センサ10Z₁、10Z₂、10Z₃、10Y₁、10Y₂、10X及び加速度センサ5Z₁、5Z₂、5Z₃、5Y₁、5Y₂、5Xの出力も制御装置11の振動制御系に供給されている。

【0097】非干渉化計算部56では、変位センサ10Z₁、10Z₂、10Z₃の出力に基づいて定盤6の傾斜を演算し、この傾斜を補正するため、除振パッド4A～4Dに供給する空気の流量を制御する。この際に、非干渉化計算部56では前述したゲインの切り換えを行ない、除振パッド4A～4Dの高さ制御の応答性を高くするとともに、不感帯を小さくして十分な収束性を確保する。

【0098】これにより、除振パッド4A～4Dによっ

て定盤6を含む露光本体部40の傾斜が大部分(または全部)速やかに補正されるようになる。また、ステージ20、27の移動による露光本体部40の重心移動に伴う振動は、変位センサ10Z₁、10Z₂、10Z₃、10Y₁、10Y₂、10X及び加速度センサ5Z₁、5Z₂、5Z₃、5Y₁、5Y₂、5Xの出力に基づいて制御装置11によりアクチュエータ7A、7B、7C、7D、32A、32B、32Cが駆動制御され、効果的に抑制される。この際に、定盤6を含む露光本体部40の傾斜の残りがアクチュエータ7A、7B、7C、7Dによって補正される。

【0099】従って、定盤6を含む露光本体部40の振動は、ステージ20、27の移動による露光本体部40の重心移動による影響を殆ど受けることなく、効果的に抑制される。また、定盤6の傾き量の大部分が除振パッド4A～4Dに供給する空気流量の制御により補正されるので、アクチュエータ7A、7B、7C、7Dのみによって露光本体部40の振動とともにその傾斜をも補正する場合に比べて、アクチュエータ7A、7B、7C、7Dに必要とされる推力が抑制され、これによりアクチュエータ7A、7B、7C、7Dの可動子のコイルに流れる電流が必要最小限となり、発熱量を著しく抑制することが可能となる。従って、露光装置100の置かれた環境の温度変化が抑制される。

【0100】次に、アライメント動作モード時の作用について説明する。

【0101】この場合、目標値出力部44では、不図示のメインコンピュータからのアライメント動作モードの指令と、ステージ位置指令とを受け、前述した如くして、アライメント動作モード時の目標設定値を中心とする目標設定範囲の幅を持つ6自由度の目標値を出力する。これにより、上記露光動作時と同様にして、変位センサ10Z₁、10Z₂、10Z₃、10Y₁、10Y₂、10X及び加速度センサ5Z₁、5Z₂、5Z₃、5Y₁、5Y₂、5Xの出力に基づいて制御装置11によりアクチュエータ7A、7B、7C、7D、32A、32B、32Cが駆動制御され、XYステージ20の移動による露光本体部40の重心移動に伴う振動が、効果的に抑制される。しかし、この場合、目標値として指令された座標位置へのXYステージ20の移動により生じる定盤6の傾きを予測した値に基づいて定められた目標値が出力されているため、この傾斜補正のためには、除振パッド4A～4D及びアクチュエータ7A～7Dの駆動を殆ど行なう必要がなく、結果的にアクチュエータ7A～7Dの発熱量を更に抑制することが可能になる。

【0102】さらに、ローディング動作モード時には、上述したローディングモード時の目標設定値を中心とする目標設定範囲の幅を持つ6自由度の目標値を出力し、制御装置11の振動制御系、非干渉化計算部56によって、アクチュエータ7A～7D、32A～32C、空圧

制御回路37A～37Cが制御され、ウエハ(又はレチクル)の受け渡し動作時間中、露光本体部は一定の姿勢に保たれる。

【0103】これまでの説明から明らかなように、本実施形態では非干渉化計算部56、空圧制御部37(空圧制御回路37A～37C)によって第2制御系が構成されている。

【0104】以上説明したように、本実施形態によると、目標値出力部44により装置動作モードに応じて定盤6を含む露光本体部40の制御モードが設定され、制御装置(振動制御系)11ではこの設定された制御モードに応じ、変位センサ及び振動センサの出力に基づいて、複数のアクチュエータを制御することにより、露光本体部40の振動制御及び位置制御を行なう。従って、従来のように振動制御・位置制御の目標設定値及び目標設定範囲が一律である場合に比べ、装置動作モードに応じた効率の良いアクチュエータの制御動作が可能となるとともに、例えばXYステージ20の位置決め整定時間も動作モードに応じた適切なものにする事が可能となる。また、動作モードに応じ、振動の許容誤差が大きくて良い場合に、目標設定範囲が広がるような制御モードに設定されるので、必要以上のアクチュエータの駆動を回避することができ、これによりアクチュエータの不要な発熱を防止することも可能である。

【0105】また、XYステージ20、レチクルステージ27の移動により、定盤6が傾斜した場合に、非干渉化計算部56によって変位センサ10Z₁～10Z₃の出力に基づいて3つの空圧制御回路37A～37Cが駆動され、XYステージ20、レチクルステージ27の移動により生じる定盤6の傾き量の全部又は一部が補正されることから、動作モードが露光モードであって目標設定値としてX=Y=Z=X₀=Y₀=Z₀=0が設定されている場合であっても、定盤6を元の姿勢に戻すためのアクチュエータ7A～7Dの駆動量を大幅に減らすことが可能になり、その分アクチュエータ7A～7Dの不要な発熱を防止することが可能になる。

【0106】また、アライメント動作モード時には、目標値出力部44により、実際にXYステージ20が移動を開始するのに先立ってXYステージ20の移動指令値に応じた傾き量が予測され、その予測結果に定盤6の傾き量が一致するように目標設定値(定盤6の傾斜に関連する)が設定されるので、XYステージ20が移動指令値に対応する位置に移動したときには、制御装置(第1制御系)11ではアクチュエータ7A～7D、32A～32Cを定盤6の姿勢制御(主として傾斜制御)のために駆動する必要がなく、振動制御のためにのみ駆動すれば足りる。従って、アクチュエータの駆動量が著しく低減され、一層発熱量が抑制される。

【0107】このように、本実施形態によると、露光本体部40の位置制御指令値を各動作モード毎に設定する

ことにより、アクチュエータ 7 A～7 D、3 2 A～3 2 C の効率的な制御が可能となり、最適な位置制御応答性が得られ、傾き量の補正及び制振を行なうために必要な、除振パッド 4 A～4 D 及びアクチュエータ 7 A～7 D、3 2 A～3 2 C の駆動量を最小限に抑えることが可能となり、これにより環境温度に対する影響を最小限に抑えることが可能となる。

【0108】また、スキャン露光の際のレチクルステージ 2 7 の移動開始直後及び停止直前の振動もスキャンカウンタ 6 6 からの指令値のフィードフォワード入力により抑制される。

【0109】なお、上記実施形態では本発明に係る除振装置がステップ・アンド・スキャン方式の走査露光型の投影露光装置に適用される場合について説明したが、これに限らず、本発明の除振装置はステッパー等の投影露光装置は勿論、その他除振台上をステージ等の移動体が移動するものであれば 好適に適用できるものである。上記のステッパーの場合には、露光時にはステージは停止しているからスキャンカウンタは不要である。

【0110】また、上記実施形態では、7つのアクチュエータと4つの除振パッドを用いて露光体本部 4 0 の6自由度方向の揺れを抑制する場合について説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、定盤(除振台)の傾斜を補正するために、Z方向のアクチュエータは少なくとも3つ、除振パッドについても少なくとも3つあれば良い。

【0111】

【発明の効果】以上説明したように、請求項 1 及び 2 に記載の発明によれば、効率の良いアクチュエータの制御動作が可能で、アクチュエータの不要な発熱を防止することができるという優れた効果がある。

【0112】また、請求項 3 及び 4 に記載の発明によれば、上記請求項 1 に記載の発明の効果に加え、より一層のアクチュエータの発熱を防止することができる。

【0113】請求項 5 ないし 7 に記載の発明によれば、基板ステージの動作モードに応じた効率の良いアクチュエータの制御動作が可能で、アクチュエータの不要な発熱による環境の温度変化を抑制することができるという *

* 従来にない優れた露光装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】一実施形態に係る露光装置を示す斜視図である。

【図 2】図 1 の露光装置を構成する定盤、第 1 コラム、第 2 コラム等を除く、構成各部の概略構成図である。

【図 3】除振パッドを駆動制御するシステムの概略斜視図である。

【図 4】図 1 の装置の走査露光の原理を説明するための図である。

【図 5】アクチュエータ及び除振パッドの制御系の構成を示す制御ブロック図である。

【図 6】除振パッドに供給される空気流量を制御するための空圧制御回路の構成例を示す図である。

【図 7】(A)、(B)、(C) は、除振パッドに対する空圧制御回路の接続方法の例を示す図である。

【図 8】除振パッドの配置の一例を示す図である。

【符号の説明】

4 A～4 C 除振パッド

5 Z₁～5 Z₃, 5 Y₁, 5 Y₂, 5 X 加速度センサ

6 定盤(除振台)

7 A～7 D, 3 2 A～3 2 C アクチュエータ

1 0 Z₁～1 0 Z₃, 変位センサ

1 0 Y₁, 1 0 Y₂, 1 0 X 変位センサ

1 1 制御装置

2 0 X Y ステージ

2 3 アライメント顕微鏡

2 7 レチクルステージ

3 0 3 7 空圧制御部

3 7 A～3 7 C 空圧制御回路

4 4 目標値出力部

5 6 非干渉化計算部

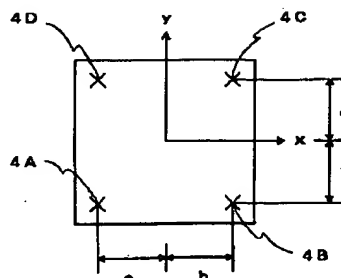
1 0 0 露光装置

W ウエハ

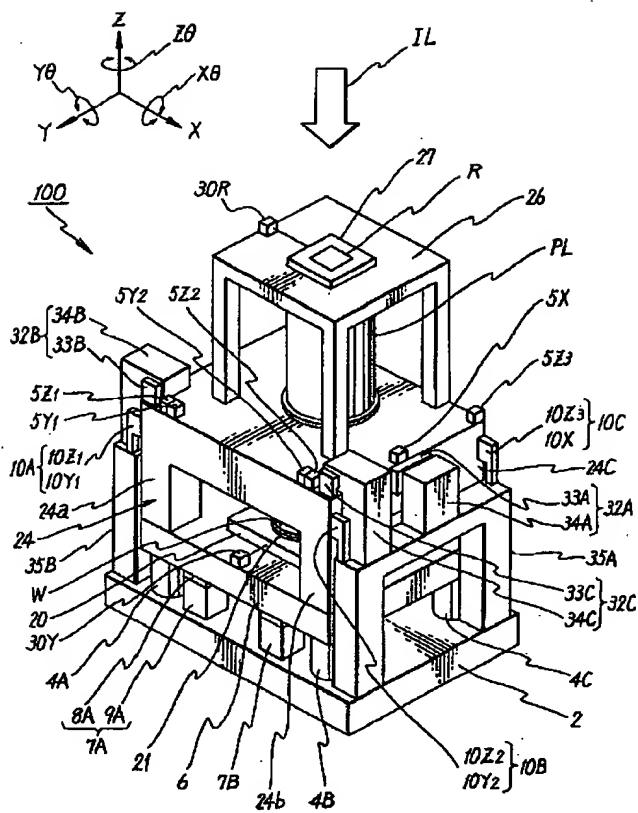
R レチクル

P L 投影光学系

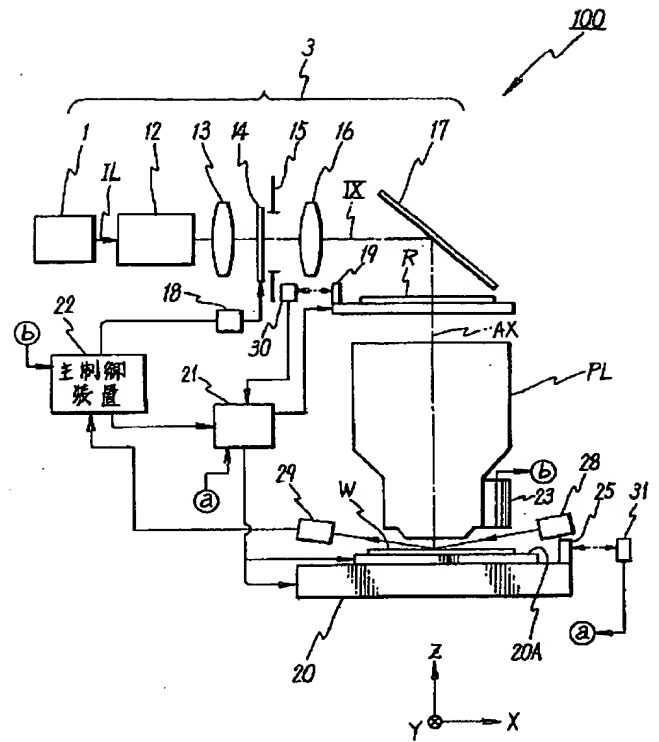
【図 8】



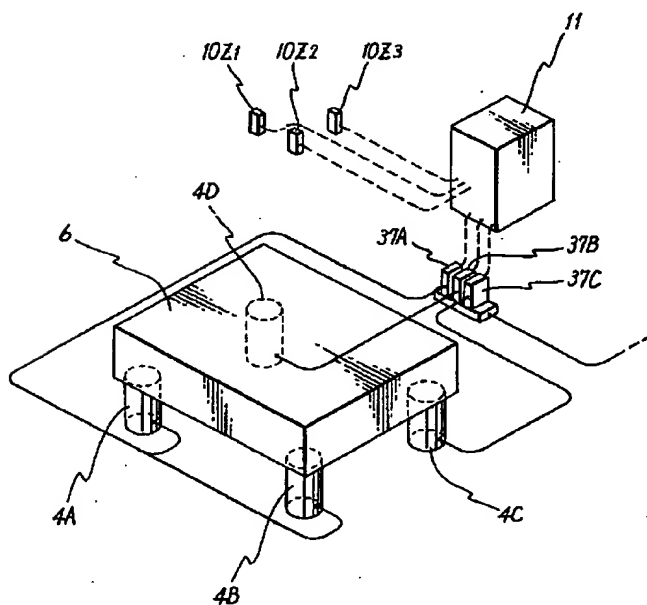
【図1】



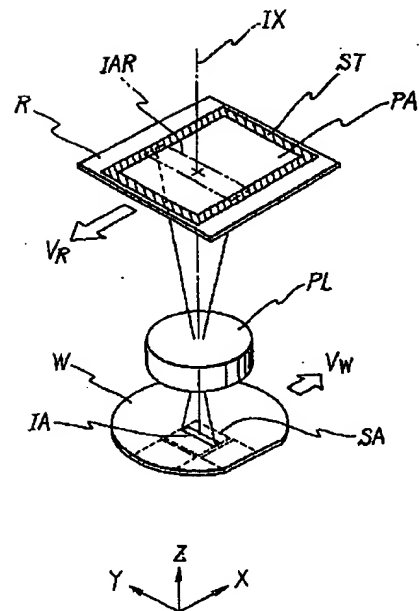
【図2】



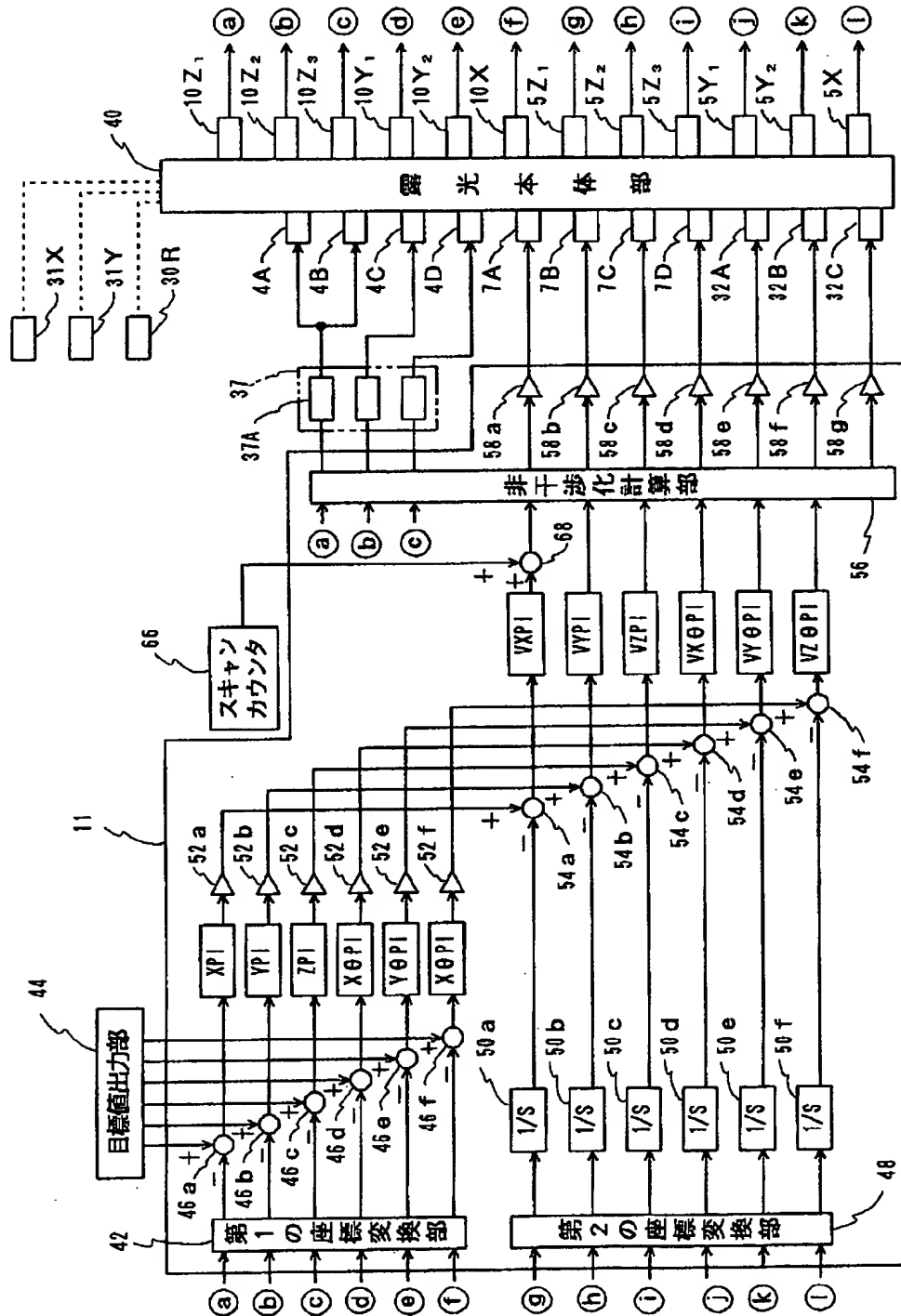
【図3】



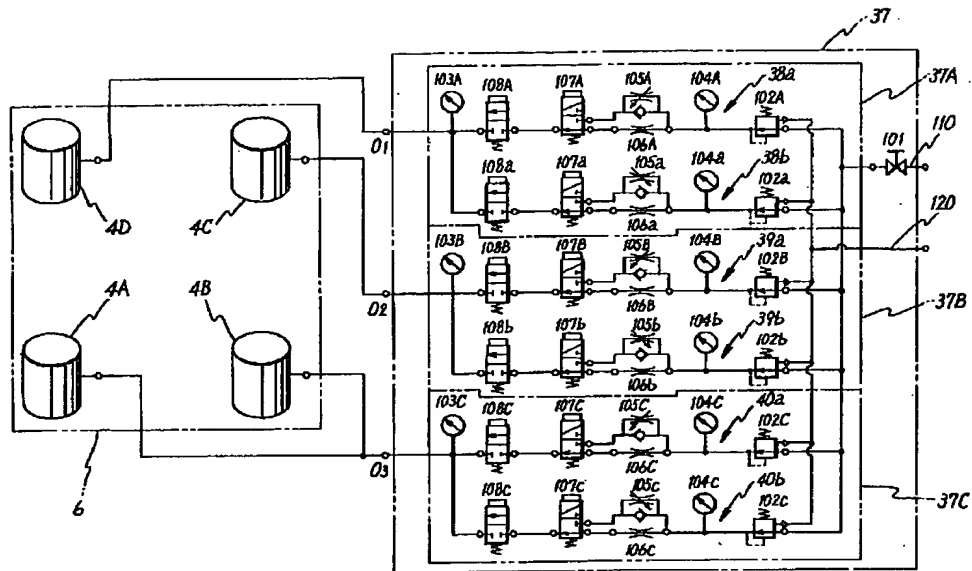
【図4】



【図5】



【図 6】



【図 7】

